



**IRSST**

Institut de recherche  
en santé et en sécurité  
du travail du Québec

## **Stratégie d'étude de la qualité de l'air dans les édifices à bureaux**

Nicole Goyer  
Van Hiep Nguyen

Direction des laboratoires  
IRSST

Mai 1989



---

Nicole Goyer et Van Hiep Nguyen  
Direction des laboratoires

# Stratégie d'étude de la qualité de l'air dans les édifices à bureaux

Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec  
505, boulevard de Maisonneuve Ouest,  
Montréal (Québec) H3A 3C2  
Téléphone: (514) 288-1551  
Télécopieur: 288-0998  
IRSST MTL

Cette étude a été financée par l'IRSST  
Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

© Institut de recherche en santé et sécurité du travail du Québec  
Dépôt légal  
Bibliothèque nationale du Québec  
1er trimestre 1989  
ISBN 2-551-12126-4  
ISSN 0837-5577

Nicole Goyer et Van Hiep Nguyen  
Direction des laboratoires

# Stratégie d'étude de la qualité de l'air dans les édifices à bureaux

---

## TABLE DES MATIÈRES

---

<b>1.0 AVANT-PROPOS .....</b>	<b>2</b>
<b>2.0 INTRODUCTION .....</b>	<b>2</b>
<b>3.0 DÉMARCHE PROPOSÉE .....</b>	<b>3</b>
3.1 <i>La ventilation</i> .....	4
3.1.1 Identification des problèmes .....	4
3.1.2 Évaluation des problèmes .....	4
3.1.3 Correctifs et moyens de contrôle .....	8
3.2 <i>Le confort</i> .....	13
3.2.1 Identification des problèmes .....	13
3.2.2 Évaluation des problèmes .....	13
3.2.3 Correctifs et moyens de contrôle .....	17
3.3 <i>Les contaminants chimiques         et les bioaérosols</i> .....	19
3.3.1 Identification des problèmes .....	19
3.3.2 Évaluation des problèmes .....	19
3.3.3 Correctifs et moyens de contrôle .....	19
3.4 <i>L'environnement de travail</i> .....	29
3.4.1 Identification des problèmes .....	29
3.4.2 Évaluation des problèmes .....	29
3.4.3 Correctifs et moyens de contrôle .....	29
<b>4.0 CONCLUSIONS .....</b>	<b>31</b>
<b>5.0 RÉFÉRENCES .....</b>	<b>31</b>
<b>ANNEXE .....</b>	<b>32</b>

---

Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec  
505, boulevard de Maisonneuve Ouest,  
Montréal (Québec) H3A 3C2  
Téléphone: (514) 288-1551  
Télécopieur: 288-0998  
IRSST MTL

Cette étude a été financée par l'IRSST.  
Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

© Institut de recherche en santé et sécurité du travail du Québec  
Dépôt légal  
Bibliothèque nationale du Québec  
1er trimestre 1989  
ISBN 2-551-12297-X  
ISSN 0837-5577

---

## LISTE DES FIGURES

---

<b>FIGURE 1</b>	Schéma d'un système de ventilation .....	<b>5</b>
<b>FIGURE 2</b>	Temps minimal de départ du système de ventilation .....	<b>8</b>
<b>FIGURE 3</b>	Facteurs d'inconfort thermique localisé ...	<b>14</b>
<b>FIGURE 4</b>	Asymétrie de température de rayonnement.....	<b>15</b>
<b>FIGURE 5</b>	Pourcentage d'insatisfaction versus vote moyen prédit.....	<b>16</b>

---

## LISTE DES TABLEAUX

---

<b>TABLEAU 1</b>	Questionnaire d'observation au niveau du système de ventilation.....	<b>9</b>
<b>TABLEAU 2</b>	Causes des déficiences du système de ventilation et moyens de contrôle....	<b>11</b>
<b>TABLEAU 3</b>	Questionnaire d'observation au niveau du confort .....	<b>17</b>
<b>TABLEAU 4</b>	Causes d'inconfort et moyens de contrôle.....	<b>18</b>
<b>TABLEAU 5</b>	Questionnaire d'observation au niveau des sources d'émission de contaminants .....	<b>19</b>
<b>TABLEAU 6</b>	Stratégie d'échantillonnage des contaminants chimiques et des bioaérosols .....	<b>21</b>
<b>TABLEAU 7</b>	Résumé des concentrations de contaminants chimiques et de bioaérosols dans l'air de 15 édifices à bureaux.....	<b>24</b>
<b>TABLEAU 8</b>	Contrôle des sources de contaminants chimiques et de bioaérosols et moyens de contrôle.....	<b>26</b>
<b>TABLEAU 9</b>	Questionnaire d'observation au niveau du bruit et de l'éclairage .....	<b>30</b>
<b>TABLEAU 10</b>	Exemples de critères de bruit proposés pour des pièces non résidentielles .....	<b>30</b>

---

## 1.0 AVANT-PROPOS

---

Le présent guide a été élaboré pour les propriétaires d'édifices, les gestionnaires, les employeurs et les travailleurs qui doivent résoudre un problème de qualité de l'air dans leurs édifices. Il se veut un outil d'action permettant d'identifier, d'évaluer et de contrôler les problèmes reliés à la performance physique d'un édifice et de son système de ventilation-climatisation-chauffage.

La démarche proposée a été développée pour des études de qualité de l'air dans des édifices à bureaux. Les cas reliés à d'autres milieux de travail non industriels tels les hôpitaux, les écoles, les garderies, etc., présentent des problématiques plus complexes et nécessitent des stratégies adaptées. Il n'en demeure pas moins que les mêmes étapes de connaissance du milieu, d'évaluation des problèmes soupçonnés et de correction à la source s'appliquent à tous ces milieux.

Finalement, la démarche retenue englobe l'ensemble des éléments qui influencent le plus souvent la qualité de l'air dans les édifices à bureaux. Elle vise des objectifs précis et réalisables dans l'atteinte de solutions concrètes et mène à une prise en charge par le milieu concerné.

## 2.0 INTRODUCTION

---

L'isolation accrue des édifices et les taux de ventilation réduits pour économiser l'énergie, l'augmentation incessante de l'utilisation de matériaux synthétiques et de produits chimiques à usage domestique, la pollution accrue de l'air extérieur sont tous des phénomènes qui contribuent à détériorer la qualité de l'air intérieur. Le nombre de plaintes qui en résultent ne cesse d'augmenter.

L'Organisation mondiale de la santé estime que 30 % des édifices nouvellement construits ou rénovés présentent des signes identifiables au «syndrome des édifices hermétiques» et que le nombre d'occupants affectés se situe entre 10 et 30 %<sup>1</sup>. Ce syndrome se définit comme suit: «phénomène généralement associé à l'environnement intérieur de certains milieux de travail non industriels, qui produit une combinaison de symptômes non spécifiques reliés au confort et à la santé tels que irritation des yeux, du nez et de la gorge, fatigue mentale, maux de tête, hypersensibilité non spécifique et autres plaintes semblables chez un nombre significatif d'occupants et dont les causes sont habituellement inconnues»<sup>2</sup>.

---

*Toutes les références appelées par un chiffre ont été placées à la page 31 du présent document. Les notes appelées par une croix ont été placées au bas de la page correspondante.*

Bien que les causes directes de ces symptômes soient inconnues, il est possible de faire ressortir des facteurs qui contribuent à ce syndrome. Parmi ceux-ci, on retrouve l'inefficacité de la ventilation, la mauvaise qualité de l'air, l'aménagement inadéquat des postes de travail, l'éclairage insuffisant, le bruit environnant et tous les facteurs reliés aux conditions et aux relations de travail. Les nombreuses études publiées indiquent que l'inefficacité de la ventilation tant au niveau de la quantité d'air neuf admise et de la distribution aux postes de travail qu'à celui de l'entretien déficient des composantes est la source principale des problèmes.

Dans la présente démarche, quatre ensembles de paramètres sont retenus car d'une part, ils sont les plus susceptibles d'expliquer les problèmes soulevés et, d'autre part, ils peuvent être mesurés directement et objectivement. Ce sont les caractéristiques de ventilation, les paramètres de confort, la qualité de l'air face aux contaminants chimiques et aux bioaérosols, et l'environnement de travail incluant le bruit et l'éclairage.

### 3.0 DÉMARCHE PROPOSÉE

La démarche proposée se divise en trois étapes, soit l'identification, l'évaluation et le contrôle. Dans plusieurs des cas reliés aux problèmes dans les édifices à bureaux, la première étape d'identification des éléments du problème peut conduire directement à la mise en place des solutions sans l'utilisation de mesures techniques élaborées. Cependant, lorsque cette évaluation technique est nécessaire, la stratégie de mesure doit tenir compte des observations, constatations et informations obtenues lors de l'étude préliminaire.

La première étape, qui consiste en une cueillette d'informations, devra permettre de délimiter l'étude, de fixer le choix des mesures et d'établir la stratégie appropriée. Elle se fait par une tournée d'inspection de l'édifice et de son environnement. Les facteurs à considérer sont le type de l'édifice, les matériaux utilisés pour sa construction et les rénovations ou modifications qui y ont été apportées, le type et l'état du système de ventilation-humidification-climatisation-chauffage. D'autres observations doivent être notées telles que l'aménagement des lieux, l'utilisation des espaces et les activités réelles qui s'y déroulent.

Afin de faciliter cette cueillette d'informations, un questionnaire a été élaboré pour chacun des ensembles de paramètres considérés, soit la ventilation, le confort, les contaminants chimiques et biologiques et l'environnement de travail.

La deuxième étape d'évaluation se base sur la mesure directe des contaminants et des différents paramètres de ventilation, de confort, de bruit et d'éclairage. La méthode employée, l'instrumentation nécessaire et la stratégie

à utiliser sont données pour chacun des paramètres. Une liste des instruments de mesure est fournie à l'Annexe 1. Les résultats obtenus sont alors comparés aux différentes normes et recommandations disponibles. Au Québec, les dispositions réglementaires concernant les paramètres reliés à la qualité de l'air dans les milieux de travail se retrouvent dans le *Règlement sur la qualité du milieu de travail* (S-2 1, r 15)<sup>3</sup> et dans le *Règlement sur les établissements industriels et commerciaux* (S-2 1, r 9)<sup>4</sup>. Le *Code national du bâtiment du Canada* est également applicable au Québec<sup>5</sup>. Les normes contenues dans ce code ont trait à des critères de conception et de mise en place des bâtiments. L'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.) est la source de référence la plus utilisée concernant la ventilation et les concentrations maximales admissibles de contaminants dans les édifices à bureaux<sup>6,7,8</sup>. Le gouvernement canadien a également émis des directives concernant la qualité de l'air dans les résidences<sup>9</sup>. L'organisme ISO (International Standardization Organization), pour sa part, a émis des recommandations quant aux paramètres de confort<sup>10</sup>. Concernant les bioaérosols, notre source de référence est le comité sur les bioaérosols de l'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)<sup>11</sup>.

La dernière étape, qui est l'étape essentielle, consiste à trouver les solutions aux déficiences observées au niveau du système de ventilation, de ses composantes, de la distribution de l'air et de l'aménagement des locaux ou autres, de les implanter, d'en vérifier l'efficacité et, ce qui est primordial, d'en assurer la continuité, c'est-à-dire d'établir un programme d'entretien préventif régulier pour les éléments mécaniques et de s'assurer que toute modification dans l'aménagement ou la vocation des locaux tiendra compte de la ventilation et des paramètres de confort des occupants. De même pour les sources d'émission de contaminants et les sources de bruit, des correctifs devront être apportés dont l'efficacité sera vérifiée périodiquement.

Cette démarche en trois étapes, c'est-à-dire identification, évaluation et contrôle, est présentée séparément pour chacun des quatre ensembles de paramètres : ventilation, confort, contaminants et environnement de travail. Cependant, l'intervention doit se faire de façon intégrée puisque plusieurs de ces paramètres sont liés entre eux et que tous contribuent à la qualité de vie au travail.

### 3.1 LA VENTILATION

La ventilation déficiente est la source la plus fréquente des problèmes rencontrés dans les édifices à bureaux et la compréhension de son fonctionnement est essentielle.

Dans la majorité des édifices ventilés mécaniquement, le système a pour fonction d'approvisionner les milieux de travail en air frais, climatisé et humidifié et d'évacuer l'air vicié vers l'extérieur. L'air qui est distribué provient habituellement d'un mélange d'air neuf, c.-à-d. d'air provenant de l'extérieur, et d'air recirculé, c.-à-d. d'air provenant de l'intérieur ayant été traité. Ce mélange d'air est ensuite filtré, humidifié, climatisé et distribué dans tout l'édifice. Le schéma de la *Figure 1* illustre le fonctionnement d'un tel système de ventilation, appelé *système en H*.

Deux types de système de distribution d'air sont habituellement rencontrés: le système à débit constant et le système à débit variable. Dans un système à débit constant, la quantité d'air qui sort des diffuseurs est toujours la même. Cet air provient d'un mélange d'air chaud et d'air froid et la température demandée au thermostat fixe la proportion de chacun. Dans un système à débit variable, la quantité d'air qui sort des diffuseurs est fonction de la température demandée au thermostat puisque l'air est à température constante, habituellement 16°C. Ainsi, lors d'une demande de chaleur, l'arrivée d'air sera à son minimum et, inversement, elle sera à son maximum lors d'une demande de refroidissement.

#### 3.1.1 Identification des problèmes

Les problèmes associés à la ventilation mécanique peuvent être regroupés en quatre catégories:

- la ventilation d'air total,
- la ventilation d'air frais,
- la distribution de l'air total aux espaces de travail,
- le fonctionnement et l'entretien du système de ventilation et de ses composantes.

La visite préliminaire du système de ventilation permettra de faire ressortir certaines anomalies ou défauts. Le questionnaire du *Tableau 1* énumère les observations les plus utiles à faire lors de cette tournée d'inspection. Ces observations peuvent conduire à une prise d'actions. Celle-ci peut être une évaluation technique de paramètres ou directement une action correctrice.

#### 3.1.2 Évaluation des problèmes

Pour certains paramètres qui ne peuvent être déduits par observation, tels que les débits d'air neuf et d'air total, et pour certaines anomalies décelées, une mesure techni-

que sera nécessaire. Les méthodologies de mesure sont expliquées ici.

#### AIR TOTAL

La ventilation d'air total (ou ventilation générale) est la ventilation mécanique par laquelle l'air total (ou air d'alimentation) est distribué aux postes de travail. L'air total est le mélange d'air frais (ou air neuf) et d'air recirculé (ou air de retour). L'air total est normalement conditionné, c'est-à-dire filtré, humidifié ou déshumidifié, chauffé ou refroidi. L'air total sert à évacuer les charges thermiques des espaces de travail ainsi que les contaminants aériens, et à fournir des conditions de confort aux occupants (température de l'air, humidité, vitesse d'air).

L'article 16 du règlement québécois sur la qualité du milieu de travail<sup>3</sup> exige un débit minimal de ventilation d'air total de 45 L/s/personne pour un taux d'occupation d'une personne par 10 m<sup>2</sup> de plancher pour les bureaux.

Pour déterminer ce débit, il suffit de connaître:

- le débit total du système,
- le taux d'occupation de l'espace desservi par ce système.

Trois méthodes sont disponibles pour évaluer le débit d'air total d'un système de ventilation.

##### a) Évaluation théorique

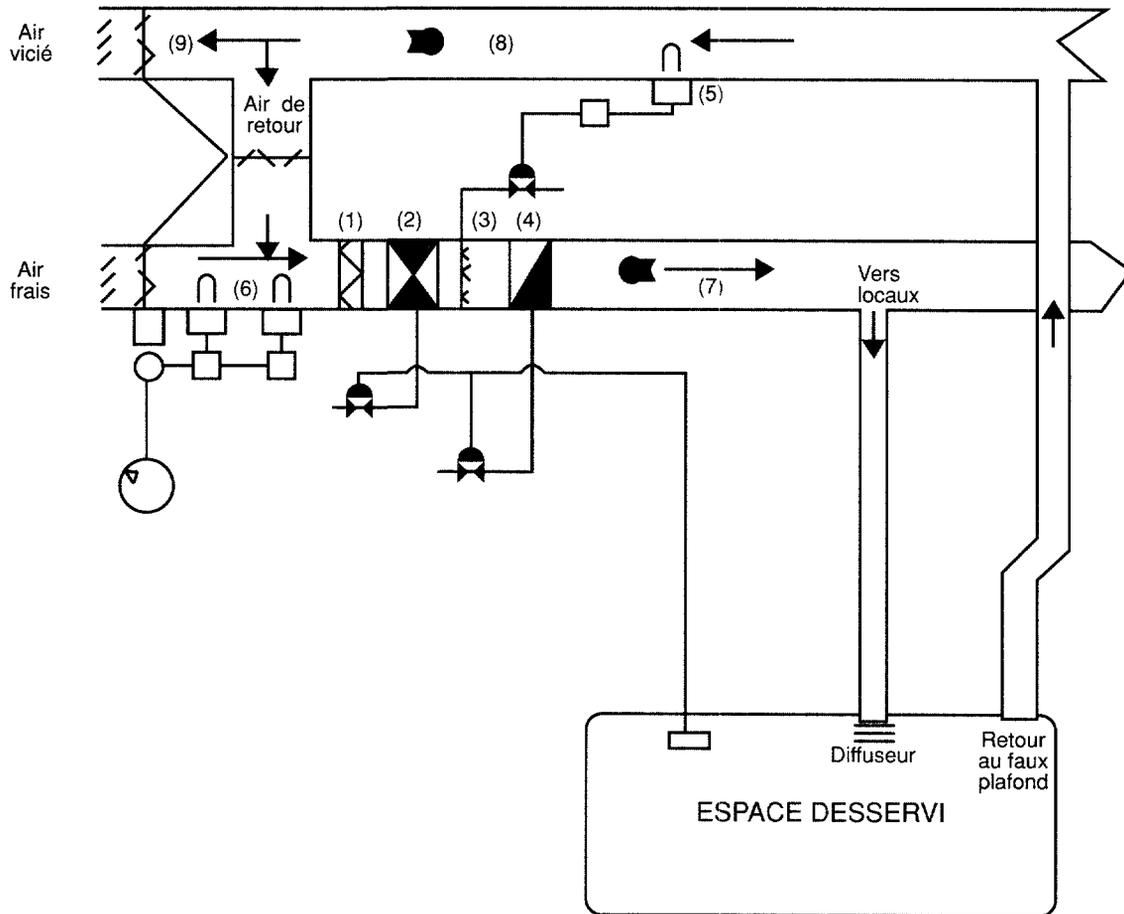
Le débit d'air total est normalement indiqué sur les plans et devis originaux de conception du système de ventilation. Cependant, le débit réel peut être plus bas ou plus élevé à cause de l'usure ou du déséquilibre des ventilateurs et des modifications subséquentes.

##### b) Mesure du débit d'air total dans la gaine d'alimentation

Tout l'air total d'un système de ventilation passe dans la gaine d'alimentation du système de ventilation.

Le débit d'air total se mesure dans cette gaine avec des anémomètres à fils chauds, à vanes rotatives ou à l'aide d'un tube de Pitot et d'un manomètre selon les méthodes préconisées dans le manuel «Industrial Ventilation» de l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)<sup>12</sup>.

Une autre technique de mesure utilise un système informatisé de vélocimètre omnidirectionnel à sondes multiples. Les sondes installées dans la gaine d'alimentation, qui enregistrent de façon continue les vitesses d'air, sont reliées à un ordinateur. La moyenne des vitesses d'air multipliée par la surface de la gaine donne le débit d'air total.

**FIGURE 1: SCHÉMA D'UN SYSTÈME DE VENTILATION**

- (1) Filtre central
- (2) Serpentin de chauffage
- (3) Humidificateur à pulvérisation
- (4) Serpentin de refroidissement
- (5) Humidistat dans la gaine de retour
- (6) Thermostat dans la gaine d'air frais
- (7) Ventilateur d'alimentation
- (8) Ventilateur d'air de retour
- (9) Volets

## c) Mesure du débit d'air total sortant des diffuseurs

L'air total est distribué à travers les espaces de travail par des diffuseurs périphériques ou situés au plafond. Les débits sortant de tous les diffuseurs reliés au système de ventilation sont mesurés à l'aide d'un ballomètre et leur somme devient le débit total du système de ventilation.

Le taux d'occupation d'un espace de travail devrait aussi tenir compte des occupants occasionnels ou de l'achalandage habituel du public. Ceci est important pour les édifices où il y a une présence importante du public de façon permanente.

*AIR FRAIS (AIR NEUF)*

De l'air frais (ou air neuf) est introduit dans chaque édifice par le système de ventilation mécanique afin de diluer les contaminants internes. Le débit d'air frais est variable et dépend surtout de la température extérieure. En général, aux conditions extrêmes de température extérieure (très chaude ou très froide), le débit d'air frais entrant dans l'édifice est au minimum.

Le *Règlement sur la qualité du milieu de travail du Québec*<sup>3</sup> exige un débit minimum de 2,5 L/s/personne tandis que des organismes internationaux tel l'ASHRAE recommandent des débits plus élevés de l'ordre de 10 L/s/personne<sup>7</sup>.

Quatre façons de mesurer le débit d'air frais d'un édifice sont disponibles.

## a) Mesure dans la gaine d'air frais

Le débit d'air frais se mesure directement dans la gaine d'air frais à l'aide d'anémomètres ou d'un vélocimètre à sondes comme dans le cas du débit d'air total. Pour mesurer le débit minimal d'air frais, il faut l'évaluer aux conditions extrêmes de température extérieure (à -20°C ou à +30°C par exemple).

## b) Mesure des températures

Le débit d'air frais peut aussi être mesuré indirectement par des mesures de températures selon la formule suivante.

$$\text{Débit d'air frais} = \frac{TR - TM}{TR - TE} \times \text{Débit d'air total}$$

où  $TR$  = Température de l'air de retour dans la gaine de retour

$TM$  = Température de l'air total dans la gaine d'alimentation

$TE$  = Température de l'air extérieur

Cette méthode de mesure est approximative. Elle est cependant la plus simple à utiliser et ne nécessite qu'un thermomètre.

## c) Méthode des gaz traceurs

Le principe du gaz traceur est relativement simple. Une concentration homogène et connue d'un gaz traceur est générée artificiellement dans un espace donné, son taux de disparition est ensuite mesuré de façon continue. Du taux de disparition, on peut déduire le débit d'air frais introduit dans l'espace donné.

Cette méthode est basée sur l'équation de balance de masse suivante.

$$V \frac{dc}{dt} = F - Qc$$

où  $V$  = Volume physique de l'espace en question

$dc/dt$  = Taux de variation de la concentration du gaz traceur en fonction du temps

$F$  = Taux d'introduction du gaz traceur dans l'espace occupé

$Q$  = Débit d'air frais entrant dans l'espace occupé

$c$  = Concentration du gaz traceur

Des difficultés d'ordre technique telles que la sélection des gaz traceurs et le choix des équipements de mesure de surveillance font que la méthode des gaz traceurs n'est utilisable que par du personnel spécialisé.

d) Méthode du CO<sub>2</sub>

Cette méthode est une version simplifiée de la méthode des gaz traceurs. Elle est basée sur le taux de disparition de l'anhydride carbonique (CO<sub>2</sub>) généré par les occupants et permet d'évaluer les débits d'air frais par poste de travail comme suit.

$$Q = \frac{R \times V \times 10^3}{N \times 3600}$$

où  $R = \frac{1}{T} \ln(C_o / C_t)$

$Q$  = Débit d'air neuf par personne (L/s/personne)

$R$  = Taux de renouvellement d'air neuf par heure (heure<sup>-1</sup>)

$T$  = Temps (heure)

$C_0$  = Concentration de  $\text{CO}_2$  au début de l'essai moins la concentration dans l'air extérieur (ppm)

$C_t$  = Concentration de  $\text{CO}_2$  au temps  $t$  moins la concentration dans l'air extérieur (ppm)

$V$  = Volume de la pièce ( $\text{m}^3$ )

$N$  = Nombre de personnes dans la pièce (personne)

Cette méthode est relativement facile à utiliser, cependant, plusieurs considérations entrent en ligne de compte lors de l'interprétation des résultats : la présence d'occupants qui continuent à générer du  $\text{CO}_2$ , le nombre de personnes  $N$  qui peut être variable et le volume de la pièce difficilement évaluable dans le cas d'aires ouvertes. Le  $\text{CO}_2$  est mesuré à l'aide d'un instrument à lecture directe (*Annexe 1*).

Tout comme pour l'air total, le débit d'air neuf par personne doit tenir compte de la clientèle s'il y a lieu.

#### DISTRIBUTION DE L'AIR

L'air d'alimentation ou l'air total est distribué localement aux espaces de travail par un réseau de distribution composé de gaines, de boîtes de mélange ou de contrôle et de diffuseurs situés dans le faux plafond ou en périphérie. Les systèmes de distribution sont à débit constant ou à débit variable, comme expliqué précédemment au paragraphe 3.1.

Le réseau de distribution est dit bien balancé si les débits des diffuseurs sont conformes aux devis originaux. De plus, il doit diffuser de l'air d'alimentation conformément aux normes du *Règlement sur la qualité du milieu de travail*<sup>3</sup> qui exige un taux d'air total de 45 litres par seconde et par personne ou de 90 pieds cubes par minute et par personne.

Les débits d'air total des diffuseurs sont mesurés à l'aide d'un ballomètre. Il faut cependant les mesurer aux conditions extrêmes de température du thermostat quand il s'agit d'un système à débit variable. La somme des débits des diffuseurs divisée par le nombre total d'occupants de cet espace de travail doit se conformer à la norme de 45 L/s/personne.

La méthode de calcul des débits d'air neuf par la méthode du  $\text{CO}_2$  permet également de voir la distribution de l'air puisque les mesures sont prises localement.

#### FONCTIONNEMENT ET ENTRETIEN DU SYSTEME

Les dispositions réglementaires traitant du fonctionnement et de l'entretien des systèmes de ventilation sont contenues dans les articles 21, 22 et 80 du règlement québécois<sup>4</sup>.

Trois points importants sont à vérifier : le temps de départ du système, les filtres et les instruments de contrôle.

- Temps de départ du système de ventilation avant l'arrivée des travailleurs

Le système de ventilation doit être démarré avant l'arrivée des travailleurs afin de pouvoir évacuer les contaminants qui se sont accumulés à l'intérieur de l'édifice pendant la nuit.

L'organisme ASHRAE a établi une courbe donnant le temps minimal de démarrage d'un système en fonction du débit minimal d'air frais fixé par personne en L/s/personne et le volume occupé par personne en  $\text{m}^3$ /personne. La *Figure 2* illustre cette courbe provenant du standard ASHRAE 62-1989.

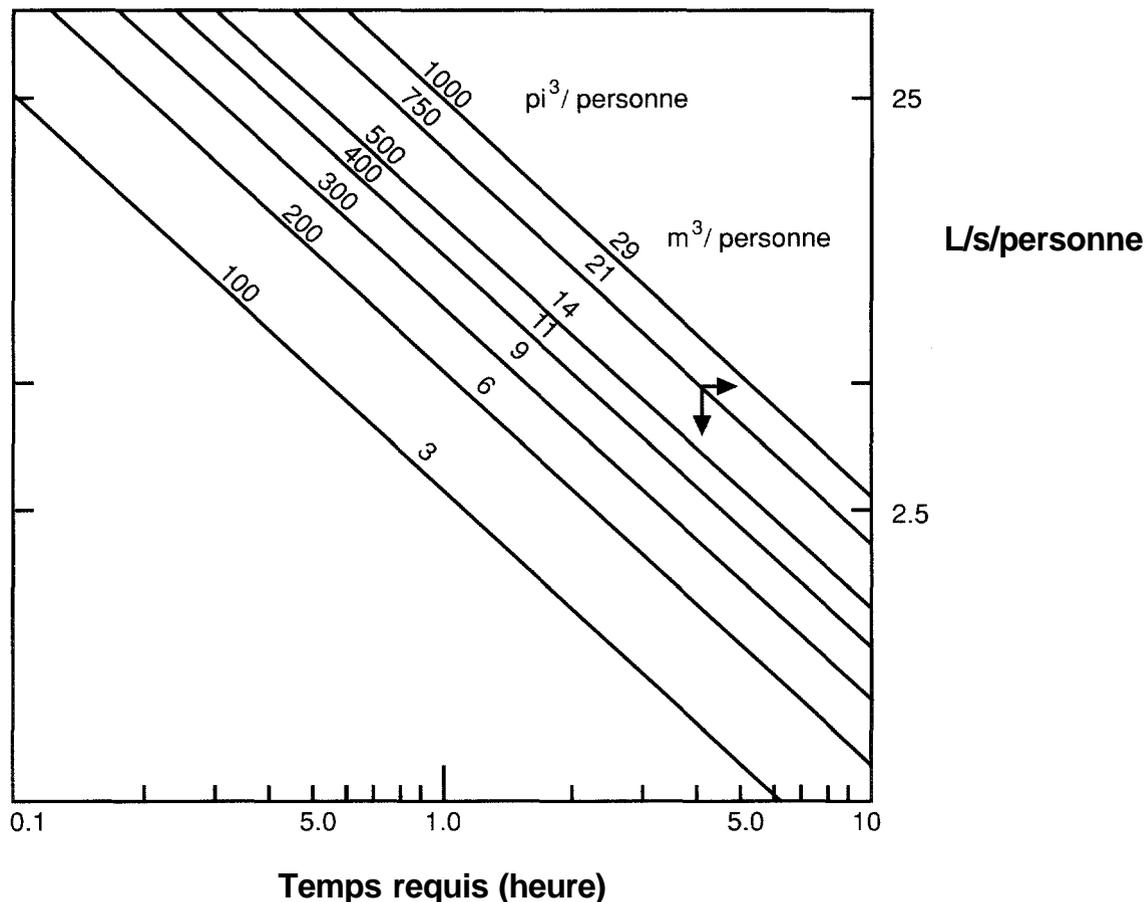
Ainsi, par exemple, pour un débit de 7,5 L/s/personne et une densité d'occupation de 21  $\text{m}^3$  par personne, le démarrage du système doit précéder l'arrivée des travailleurs de quatre heures.

- Filtres à air

Les filtres à air sont installés dans la gaine d'alimentation du système central de ventilation afin de capter les poussières externes et internes (fumées de cigarettes, poussières de tapis, etc.) et les bioaérosols. La pratique recommandée est l'installation de deux couches de filtres : les pré-filtres servent à capter les grosses particules de poussières, les insectes, etc., tandis que les filtres de haute efficacité vont capter les microorganismes et les poussières de la dimension du micron. Les filtres devraient avoir un pourcentage d'efficacité de filtration de 85 % et plus selon l'ASHRAE. De plus, les filtres doivent être régulièrement changés selon les recommandations du fabricant. Des filtres trop sales font baisser les débits des ventilateurs et peuvent constituer des milieux de culture favorables aux bactéries et aux champignons.

En plus d'une vérification visuelle de l'existence et de l'état des filtres, une mesure de perte de pression doit être faite. Un filtre est efficace seulement si la perte de pression à travers celui-ci se situe dans la plage de pression recommandée par le fabricant. Par exemple, un fabricant peut recommander que le filtre soit changé quand la perte de pression atteint 5 cm d'eau. La perte de pression à travers un filtre peut être mesurée à l'aide d'un tube en U ou d'un manomètre différentiel (*Annexe 1*).

**FIGURE 2: TEMPS MINIMAL POUR LE DÉPART DU SYSTÈME DE VENTILATION AVANT L'ARRIVÉE DES OCCUPANTS**



- Instruments de contrôle

Un calibrage périodique de tous les instruments de contrôle (électrique, pneumatique ou mécanique) est absolument essentiel pour le bon fonctionnement du système de ventilation. L'humidistat (détecteur d'humidité relative) est la pièce la plus souvent défectueuse d'après les études de l'IRSST. De 10 à 20 % des thermostats sont mal calibrés selon les mêmes études. Les contrôles d'ouverture et de fermeture des volets d'air frais et d'air de diffusion doivent être surveillés régulièrement ainsi que les cadrans de température, de pression et d'humidité relative de la salle de contrôle central.

Les deux dispositifs de contrôle qui se vérifient facilement sont l'humidistat et le thermostat. Il s'agit de

mesurer, à l'aide d'un psychromètre, la température et l'humidité relative dans la gaine de retour et de comparer les valeurs obtenues avec celles indiquées par l'humidistat et le thermostat de référence.

### 3.1.3 Correctifs et moyens de contrôle

Lorsque les mesures démontrent une insuffisance dans l'apport d'air total ou d'air neuf par personne, une distribution inégale de l'air ou des déficiences des composantes du système, il importe d'en trouver les causes. Les causes les plus fréquentes sont mentionnées au *Tableau 2* ainsi que les solutions à y apporter.

**TABLEAU 1: QUESTIONNAIRE D'OBSERVATION  
AU NIVEAU DU SYSTÈME DE VENTILATION**

OBSERVATION	ACTION À ENTREPRENDRE (si nécessaire)
<b>Y a-t-il un système mécanique de ventilation?</b>	Évaluation du débit théorique ou mesuré
<b>Le système original a-t-il été modifié?</b>	Évaluation du nouveau débit
<b>Le système fonctionne-t-il de façon continue?</b>	Connaissance de l'horaire
<b>Y a-t-il un programme d'économie d'énergie?</b>	Connaissance du fonctionnement
<b>Comment est contrôlé le degré d'ouverture des volets d'air neuf?</b>	Évaluation du débit d'air neuf
<b>Où est localisée la prise d'air neuf?</b>	Relocalisation de la prise d'air neuf
<b>Y a-t-il des sources d'émission de polluants à proximité de la prise d'air neuf?</b>	Évaluation des concentrations de polluants dans l'air neuf ou relocalisation de la prise
<b>Les volets d'air neuf sont-ils en bon état et non obstrués?</b>	Remplacement et nettoyage
<b>Concernant les filtres</b>	
• <i>De quel type sont-ils ?</i>	Changement de type
• <i>Quelle est leur efficacité théorique?</i>	Changement de type
• <i>À quelle fréquence sont-ils changés?</i>	Changement d'horaire ou mesure de la différence de pression
• <i>Sont-ils bien mis en place ?</i>	Meilleure installation
• <i>Sont-ils en bon état?</i>	Changements plus fréquents ou mesure de la différence de pression
<b>Y a-t-il un système d'humidification par pulvérisation?</b>	
• <i>Fonctionne-t-il de façon continue?</i>	Entretien régulier
• <i>Quelle est la fréquence de vidange des bassins?</i>	Fonctionnement continu
• <i>Ya-t-il des dépôts visqueux dans les bassins?</i>	Augmentation de la fréquence
• <i>Ya-t-il des odeurs de mois?</i>	Nettoyage périodique
• <i>Ya-t-il des moisissures dans les gâmes?</i>	Évaluation des microorganismes et décontamination
• <i>Ya-t-il des dépôts sur les pales?</i>	Nettoyage et décontamination
• <i>Ya-t-il accumulation d'eau au sol?</i>	Nettoyage
• <i>Ya-t-il accumulation d'eau au sol?</i>	Identification des fuites
<b>Y a-t-il un système d'humidification à la vapeur?</b>	
• <i>Fonctionne-t-il de façon continue?</i>	Entretien régulier
• <i>Utilise-t-on des produits chimiques pour empêcher la corrosion ?</i>	Fonctionnement continu
• <i>Ya-t-il accumulation d'eau au sol?</i>	Substitution de produit
	Identification des fuites

(suite à la page suivante)

## TABLEAU 1 : QUESTIONNAIRE D'OBSERVATION AU NIVEAU DU SYSTÈME DE VENTILATION (suite)

OBSERVATION	ACTION À ENTREPRENDRE (si nécessaire)
<p><b>Y a-t-il un système d'air climatisé?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Quel est son horaire de fonctionnement?</i></li> <li>• <i>Quelle est la fréquence de nettoyage des plateaux de condensation ?</i></li> <li>• <i>Y a-t-il des dépôts visqueux sur les plateaux?</i></li> <li>• <i>Y a-t-il des dépôts visqueux sur le serpentin de refroidissement?</i></li> <li>• <i>Y a-t-il des odeurs de moisissure?</i></li> <li>• <i>Y a-t-il accumulation d'eau au sol?</i></li> </ul>	<p>Entretien régulier</p> <p>Modification de l'horaire</p> <p>Augmentation de la fréquence de nettoyage</p> <p>Nettoyage périodique et décontamination</p> <p>Nettoyage périodique et décontamination</p> <p>Évaluation des microorganismes et décontamination</p> <p>Identification des fuites</p>
<p><b>Quelles sont les composantes du système qui sont contrôlées automatiquement?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Quelle est la fréquence de vérification?</i></li> <li>• <i>Quelle est la fréquence de calibrage?</i></li> </ul>	<p>Entretien régulier</p> <p>Augmentation de la fréquence</p> <p>Augmentation de la fréquence</p>
<p><b>Quelles sont les composantes du système qui sont contrôlées manuellement?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Quelle est la fréquence de vérification ?</i></li> <li>• <i>Quelle est la fréquence de calibrage?</i></li> </ul>	<p>Entretien régulier</p> <p>Augmentation de la fréquence</p> <p>Augmentation de la fréquence</p>
<p><b>Le système de distribution est-il à débit constant?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Quelle est la fréquence d'entretien des conduits?</i></li> <li>• <i>Quelle est la fréquence de balancement du réseau?</i></li> </ul>	<p>Évaluation des débits aux espaces de travail</p> <p>Augmentation de la fréquence</p> <p>Augmentation de la fréquence</p>
<p><b>Le système de distribution est-il à débit variable?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Y a-t-il un débit minimum garanti?</i></li> <li>• <i>Quelle est la fréquence d'entretien des conduits?</i></li> <li>• <i>Quelle est la fréquence de balancement du réseau?</i></li> </ul>	<p>Évaluation des débits aux espaces de travail aux conditions extrêmes</p> <p>Évaluation et augmentation de ce débit</p> <p>Augmentation de la fréquence</p> <p>Augmentation de la fréquence</p>
<p><b>Les diffuseurs sont-ils bouchés ou obstrués?</b></p>	<p>Libération des diffuseurs</p>
<p><b>Les cloisons de séparation touchent-elles au sol?</b></p>	<p>Élévation des cloisons à 10 cm du sol</p>
<p><b>Y a-t-il un programme d'entretien général du système de ventilation?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Y a-t-il un responsable du système?</i></li> </ul>	<p>Établissement d'un programme d'entretien périodique</p> <p>Nomination et formation d'un responsable</p>

**TABLEAU 2: CAUSES DES DÉFICIENCES DU SYSTÈME DE VENTILATION ET MOYENS DE CONTRÔLE**

CAUSES	MOYENS DE CONTRÔLE
<b>I. AIR TOTAL</b>	
<i>Capacité insuffisante du ventilateur</i>	Augmentation de la puissance et du débit du ventilateur d'alimentation
<i>Diminution de la capacité du ventilateur due à l'usure</i>	Remplacement des courroies, roues, pales ou tout autre pièce: rebalancement du ventilateur
<i>Déficiences des composantes du ventilateur</i>	Remplacement et entretien des pièces: courroies, poulies, roulement à billes, etc.
<i>Augmentation de la densité d'occupation</i>	Augmentation de la puissance et du débit d'air total; redistribution des occupants
<i>Débalancement du système de distribution</i>	Balancement du système de distribution
<b>II. AIR FRAIS (AIR NEUF)</b>	
<i>Défectuosité des instruments de contrôle de l'ouverture des volets d'entrée d'air frais</i>	Calibrage et surveillance périodiques des thermostats, senseurs, cadrans, etc.
<i>Réglage trop bas du degré d'ouverture des volets d'entrée d'air frais</i>	Augmentation de l'entrée d'air frais; ajout d'un volet fixe d'entrée d'air frais minimale
<i>Capacité de chauffage insuffisante à la demande thermique</i>	Augmentation de la capacité de chauffage dans le système de ventilation ou dans les locaux
<i>Débalancement des ventilateurs d'alimentation et de retour</i>	Balancement des ventilateurs d'alimentation et de retour
<b>III. DISTRIBUTION DE L'AIR</b>	
<i>Débalancement des réseaux de diffusion par les gaines</i>	Balancement des réseaux
<i>Mauvais fonctionnement des boîtes de contrôle ou de diffusion, de leurs pistons et de leurs volets</i>	Réparation et vérification périodique du fonctionnement des boîtes de contrôle
<i>Décalibrage des thermostats contrôlant le fonctionnement des boîtes de contrôle</i>	Calibrage périodique des thermostats
<i>Changement de vocation ou réaménagement des locaux sans égard aux capacités des diffuseurs</i>	Balancement du réseau de distribution à chaque modification des espaces
<i>Blocage ou obstruction des diffuseurs</i>	Enlèvement de tout obstacle devant les diffuseurs
<i>Utilisation de cloisons de séparation directement sur le sol</i>	Utilisation de cloisons relevées d'environ 10 cm au-dessus du sol

(suite à la page suivante)

**TABLEAU 2: CAUSES DES DÉFICIENCES DU SYSTÈME DE VENTILATION ET MOYENS DE CONTRÔLE (suite)**

CAUSES	MOYENS DE CONTRÔLE
<b>IV. COMPOSANTES DU SYSTÈME</b>	
<i>Départ tardif du système avant l'arrivée des travailleurs</i>	Démarrer le système en accord avec le standard ASHRAE 62-1981R <sup>7</sup>
<i>Inefficacité des filtres</i>	Utilisation de filtres de haute efficacité précédés de pré-filtres
<i>Infiltration autour des filtres</i>	Installation adéquate des filtres
<i>Colmatage des filtres</i>	Changement périodique des filtres basé sur la mesure de perte de pression
<i>Défectuosité des humidistats et thermostats</i>	Vérification et calibrage périodiques

## 3.2 LE CONFORT

Le confort ou plutôt le manque de confort est ce dont se plaignent le plus souvent les occupants des édifices à bureaux. Il est influencé par plusieurs facteurs environnementaux et personnels. Les paramètres mesurables de confort s'énumèrent comme suit:

- les températures ambiante et opérative,
- l'inconfort thermique localisé,
- l'humidité relative,
- la stratification de l'air,
- les indices de confort.

### 3.2.1 Identification des problèmes

Lors de la visite préliminaire, l'identification des problèmes liés au confort sera facilitée par l'inventaire des plaintes des occupants, la vérification de certaines composantes du système de ventilation et la mesure de certains paramètres simples tels que l'humidité et la température. Le questionnaire du *Tableau 3* énumère les points à considérer dans une première étape d'évaluation.

### 3.2.2 Évaluation des problèmes

À la suite des résultats de cette première étape, il peut ressortir que le manque de confort est le principal élément d'insatisfaction de la part des occupants et doit donc être évalué de façon détaillée pour l'ensemble des paramètres ci-haut mentionnés.

#### TEMPÉRATURES

La température de l'air ambiant est l'indice de confort le plus connu et utilisé. Le *Règlement sur la qualité du milieu de travail*, article 30, exige une température sèche minimale de l'air de 20°C pour des travaux légers de bureau. Le standard de l'ASHRAE<sup>8</sup> recommande l'utilisation de la température opérative. Celle-ci tient compte de la température de l'air ambiant, de la température moyenne de rayonnement, de l'habillement et du niveau d'activité du travailleur en question. Ainsi, selon ce standard, les températures opératives en hiver pour un niveau d'activité dans un bureau évalué à 1,2 met<sup>†</sup>, un habillement de 0,9 clo<sup>††</sup>, une humidité relative

<sup>†</sup> Un met correspond à une production de chaleur de 58 Watts par mètre carré de surface du corps humain. Une personne normale a une surface moyenne de 1,8 m<sup>2</sup>, donc un met correspond à une production de chaleur de 100 Watts approximativement.

<sup>††</sup> Un clo correspond à 0,155 m<sup>2</sup> x °C + Watts. Une personne nue a 0 clo et une personne habillée pour les températures polaires a 4 clo d'habillement.

de 50 % et une vitesse d'air inférieure à 0,15 m/s seraient de:

- température opérative optimale: 21,7°C,
- température opérative pour satisfaire 80 % des occupants: 20 à 23,6°C.

La température ambiante se mesure à l'aide d'un thermomètre tandis que la température opérative peut être mesurée avec un confortmètre ou un indicateur d'ambiance thermique.

La variation de la température au cours de la journée peut également créer de l'inconfort. L'ASHRAE recommande une fluctuation maximale acceptable de 0,6°C/heure pour la température opérative.

#### INCONFORT THERMIQUE LOCALISÉ

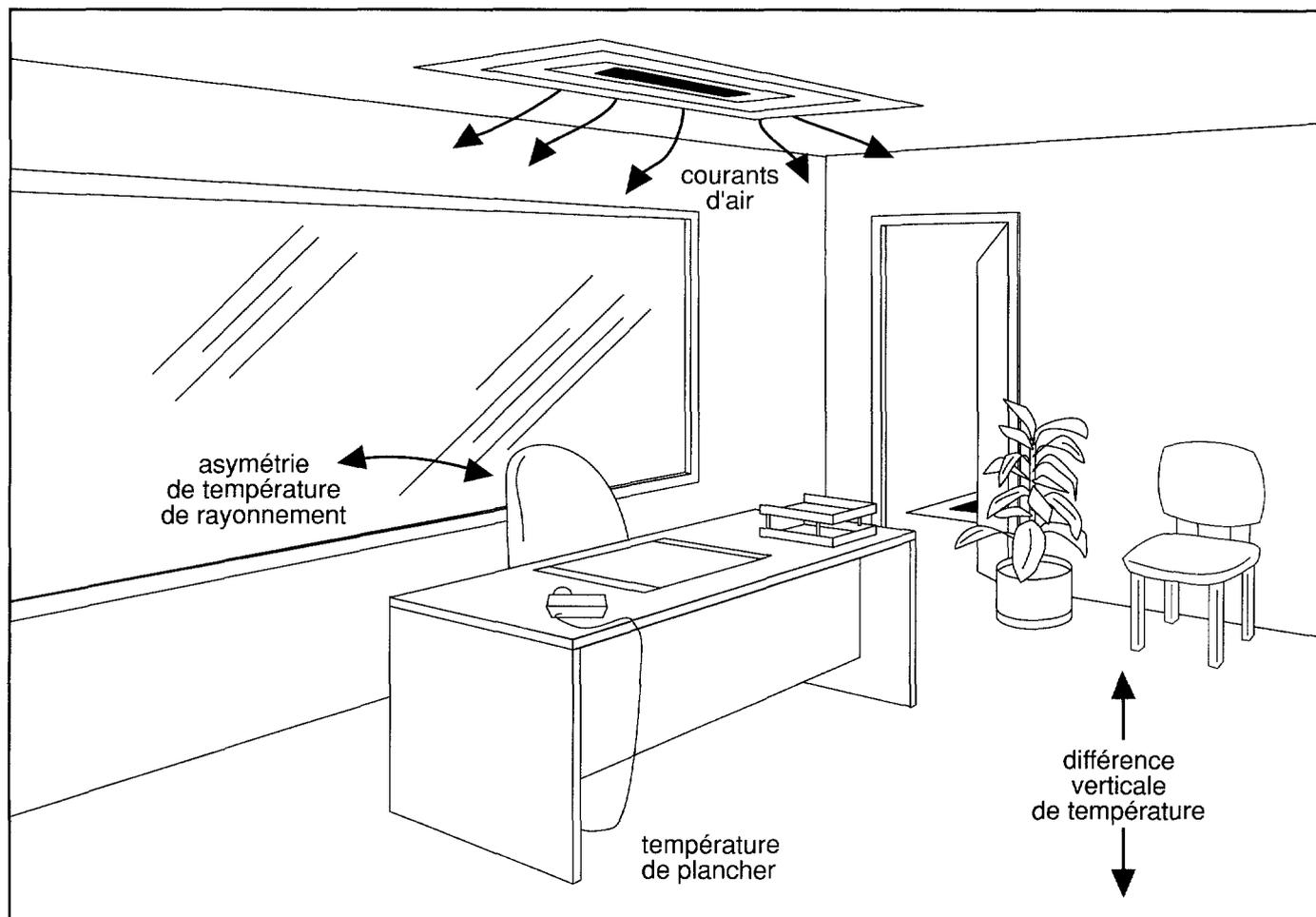
La deuxième condition de confort thermique exige l'absence d'inconfort localisé. Il y aura inconfort localisé lorsqu'une partie du corps seulement ressent de l'inconfort; par exemple, un travailleur peut avoir froid seulement aux pieds ou subir occasionnellement des courants d'air frais désagréables au niveau du cou ou des pieds.

Les facteurs d'inconfort thermique localisé sont:

- les courants d'air qui causent un refroidissement localisé du corps par convection et qui constituent la cause la plus fréquente des plaintes concernant l'ambiance thermique. Les courants d'air sont dus à une vitesse d'air trop élevée pour une température d'air donnée;
- l'asymétrie de température de rayonnement qui est la différence dans l'échange de chaleur par rayonnement entre les deux côtés d'une personne. Par exemple, en hiver, le fait d'être assis dos à une fenêtre vitrée entraînera le refroidissement de cette partie du corps seulement alors qu'en présence de soleil, il y aura réchauffement;
- la différence de température de l'air entre le niveau de la tête et celui des chevilles;
- la température de sol trop faible ou trop élevée.

La *Figure 3* qui suit illustre ces quatre éléments.

FIGURE 3: FACTEURS D'INCONFORT THERMIQUE LOCALISÉ

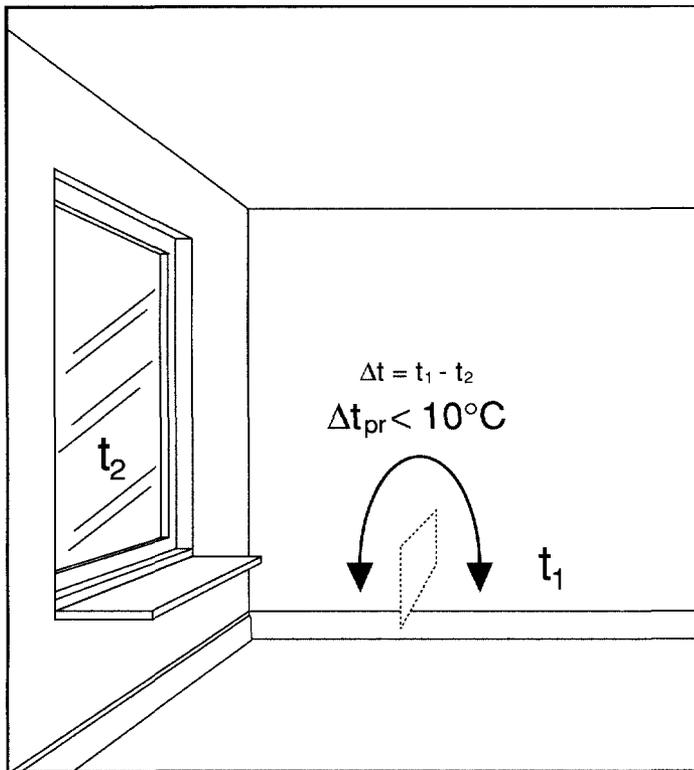


Une série de normes pour les facteurs d'inconfort thermique localisé ont été adoptées par l'ISO<sup>10</sup>. Elles sont résumées ici:

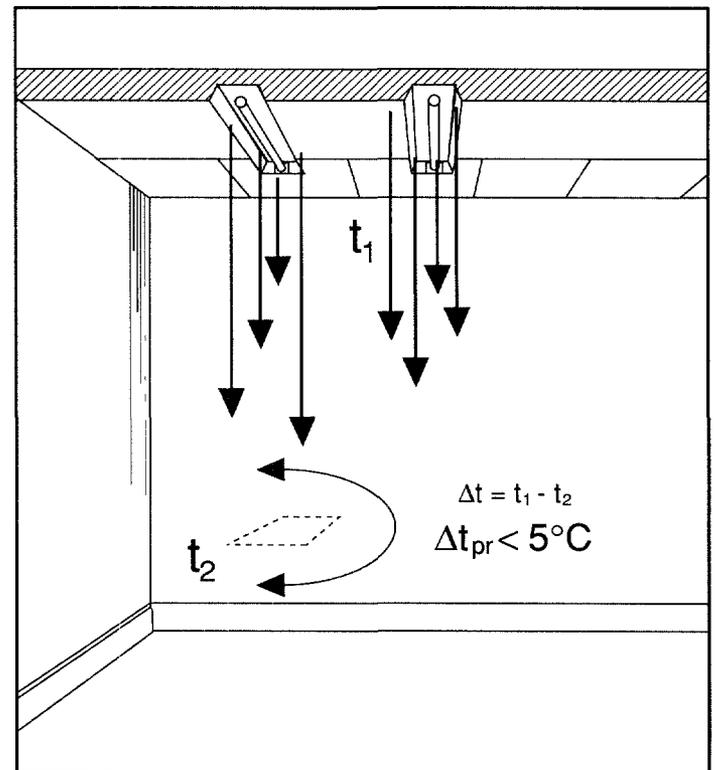
1. La vitesse moyenne des courants d'air pour des températures opératives normales ne doit pas dépasser 0,15 m/s durant l'hiver, et 0,25 m/s durant l'été. La vitesse moyenne doit être calculée sur une période d'au moins trois minutes.

De plus, il est suggéré de mesurer l'écart type des vitesses des courants d'air; cet écart type devrait être au plus égal au tiers de la vitesse moyenne. Cette technique de calcul est décrite dans le document de l'ISO<sup>10</sup>.

2. L'asymétrie de température de rayonnement venant des surfaces froides des murs et des fenêtres ne doit pas dépasser 10°C, tandis que l'asymétrie de température de rayonnement venant d'un plafond chaud ne doit pas dépasser 5°C. Les mesures doivent être effectuées à 0,6 m du plancher. Elles sont représentées à la Figure 4.
3. La différence verticale de température de l'air entre le sol et le niveau de la tête ne doit pas dépasser 3°C. Si le travailleur est assis, les mesures doivent être prises à 0,1 m et 1,1 m du sol; s'il est debout, elles doivent être prises à 0,1 m et 1,7 m du sol.
4. La température mesurée au-dessus de la surface de plancher doit se situer entre 19 et 26°C.

**FIGURE 4: ASYMÉTRIE DE TEMPÉRATURE DE RAYONNEMENT**

**ASYMÉTRIE DE TEMPÉRATURE  
DE RAYONNEMENT VENANT  
DES SURFACES FROIDES DES FENÊTRES**



**ASYMÉTRIE DE TEMPÉRATURE  
DE RAYONNEMENT VENANT  
DU PLAFOND CHAUD**

Les lectures de température sont faites à l'aide d'un thermomètre. Les vitesses de déplacement d'air se mesurent avec un anémomètre à basse vitesse ou avec un vélocimètre omnidirectionnel à sondes multiples.

Un autre instrument de mesure, l'analyseur d'ambiances climatiques intérieures, est maintenant disponible sur le marché et répond aux normes de l'ISO. Cet instrument permet de mesurer tous les facteurs d'inconfort thermique localisé et d'autres paramètres tels que:

- la vitesse moyenne des courants d'air,
- l'écart type des vitesses moyennes,
- les asymétries de températures de rayonnement verticale et horizontale,
- les températures de surface des murs et des planchers,
- l'humidité relative,
- la température ambiante de l'air.

#### HUMIDITÉ RELATIVE

Au Québec, en hiver, les faibles taux d'humidité sont effectivement un problème. Les résultats de nos études montrent que la majorité des édifices ont des taux d'humidité très bas, souvent inférieurs au minimum de 20 % exigé par le *Règlement sur la qualité du milieu de travail*, article 31<sup>3</sup>. Le standard 55-1981 de l'ASHRAE<sup>8</sup> recommande pour des températures opératives telles qu'expliquées précédemment, un taux d'humidité relative de l'ordre de 30 %.

Les taux d'humidité se mesurent à l'aide d'un psychromètre ou avec un instrument à lecture directe (*Annexe I*).

#### STRATIFICATION DE L'AIR

Il y a stratification de l'air lorsque l'air total provenant des diffuseurs est entraîné rapidement vers les bouches de retour du plafond sans qu'il ait balayé adéquatement tout l'espace du local. La formation de cette stratification favorise certaines zones de travail qui sont bien aérées et

très confortables alors que d'autres n'ont que de l'air stagnant.

L'efficacité de diffusion de l'air total peut être évaluée par l'indice de performance de diffusion d'air ou IPDA. Un minimum de 70 à 80 % d'IPDA a été proposé comme standard: ce qui veut dire que de 75 à 80 % de l'espace de travail d'un local sera adéquatement balayé par l'air de diffusion.

Deux techniques de mesure d'efficacité de diffusion sont employées, soit celle des gaz traceurs ou celle utilisant un analyseur d'écoulement.

#### INDICES DE CONFORT THERMIQUE

L'organisme international ISO<sup>10</sup> a défini le confort thermique comme un état de satisfaction relatif à l'environnement thermique. Une personne thermiquement confortable ne souhaite pas avoir plus froid ni avoir plus chaud. Une personne est confortable lorsque la chaleur produite par son corps égale celle transmise à l'environnement extérieur par convection, par rayonnement et par sudation. Le transfert de chaleur entre le corps et son environnement dépend de six paramètres:

- Deux paramètres personnels:
  - le niveau d'activité d'un individu,
  - son habillement;

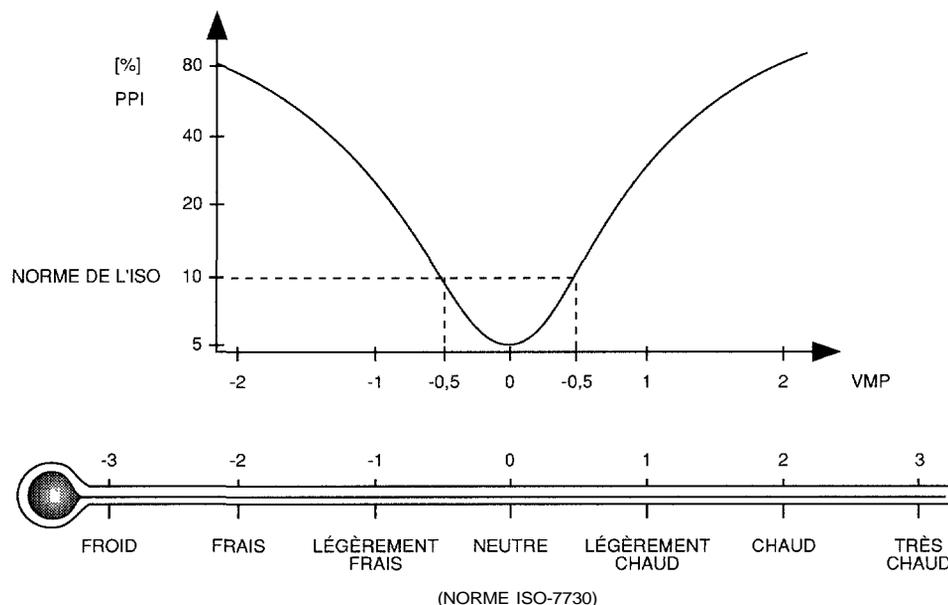
- Quatre paramètres environnementaux:

- la température de l'air,
- la température moyenne de rayonnement,
- l'humidité de l'air,
- la vitesse de l'air.

Tous ces paramètres sont mesurables et sont considérés dans une équation de confort qui permet de déterminer deux nouveaux indices, le *VMP* et le *PPI* qui sont en fait deux mesures de confort thermique.

- Le *VMP* (ou vote moyen prévisible) est un indice qui prédit la valeur moyenne des réactions subjectives d'un groupe important de personnes sur une échelle de sensation thermique allant de -3 (froid) à +3 (chaud). L'échelle *VMP* est représentée à la Figure 5.
- Le *PPI* (ou pourcentage prévisible d'insatisfaits) est un indice qui prédit le pourcentage de personnes, dans un groupe important, susceptibles de se sentir en situation d'inconfort thermique, c'est-à-dire votant chaud (+3), tiède (+2), frais (-2) ou froid (-3) sur l'échelle *VMP*. La relation entre les indices *VMP* et *PPI* est donnée à la Figure 5.

**FIGURE 5: POURCENTAGE D'INSATISFACTION VERSUS VOTE MOYEN PRÉDIT**



Selon cette nouvelle relation *VMP/PPI*, il n'existe pas de situation thermique qui satisfait 100 % des personnes. La situation thermique idéale ne peut satisfaire que 95 % des personnes à cause des différences individuelles, et la norme internationale ISO 7730 recommande une situation de confort thermique optimale qui peut satisfaire 90 % des personnes dans un environnement donné.

Un nouvel instrument de mesure, l'indicateur d'ambiance thermique ou confortmètre, est disponible sur le marché et permet de mesurer les deux indices *VMP* et *PPI*. Le principe de fonctionnement du confortmètre est le suivant: il mesure directement ou indirectement les quatre paramètres environnementaux et indique les indices *VMP* et *PPI* en se basant sur les deux paramètres personnels fixés à l'avance (le niveau d'activité d'un individu et son habillement).

Selon nos mesures effectuées à plus de 150 postes de travail dans des édifices à bureaux, il y a environ 20 % des personnes qui sont insatisfaites du confort thermique et l'environnement est alors qualifié de légèrement frais.

### 3.2.3 Correctifs et moyens de contrôle

Les problèmes d'inconfort vécus par les occupants se rapportent aux variations de températures ambiante et operative, aux taux d'humidité habituellement trop bas, à une stratification de l'air et aux vitesses inégales de déplacement d'air. Les principales causes de ces sources d'inconfort et les moyens d'y remédier sont donnés au *Tableau 4*.

## TABLEAU 3: QUESTIONNAIRE D'OBSERVATION AU NIVEAU DU CONFORT

OBSERVATION	ACTION À ENTREPRENDRE (si nécessaire)
<b>Les occupants se plaignent-ils:</b>	
• <i>de température froide ou chaude? de variation quotidienne de température?</i>	Mesure des températures sur plusieurs jours; calibrage des thermostats
• <i>d'augmentation graduelle de la température?</i>	Augmentation du débit d'air neuf
<b>Les thermostats sont-ils localisés dans l'espace qu'ils desservent?</b>	Relocalisation des thermostats loin des sources chaudes ou froides
<b>Les thermostats sont-ils calibrés périodiquement?</b>	Vérification et calibrage périodiques des thermostats
<b>Les occupants se plaignent-ils de courant d'air ou de stagnation de l'air?</b>	Mesures des vitesses et balancement du réseau de distribution
<b>Certains diffuseurs sont-ils bloqués ou obstrués?</b>	Libération de tout obstacle
<b>Les cloisons touchent-elles au sol?</b>	Élévation des cloisons à 10 cm du sol
<b>Les diffuseurs sont-ils à jet vertical?</b>	Installation de déflecteur
<b>Les fenêtres et les planchers sont-ils bien isolés?</b>	Mesures horizontales et verticales des températures et de l'humidité; isolation adéquate
<b>Les diffuseurs et les grilles de retour sont-ils localisés à proximité les uns des autres?</b>	Mesure de la stratification de l'air; relocalisation des grilles de retour
<b>Les occupants se plaignent-ils de sécheresse et d'irritation des yeux, du nez, de la gorge et de difficultés à porter des verres de contact?</b>	Mesure des taux d'humidité

**TABLEAU 4: CAUSES D'INCONFORT ET MOYENS DE CONTRÔLE**

<b>CAUSES</b>	<b>MOYENS DE CONTRÔLE</b>
<b>I. TEMPÉRATURE</b>	
<i>Imprécision du thermostat (trop chaud ou trop froid) dans les locaux ou dans la gaine d'alimentation</i>	Vérification et calibrage périodiques des thermostats
<i>Apport d'air neuf insuffisant (augmentation graduelle des températures)</i>	Augmentation du débit d'air neuf
<i>Localisation inadéquate du thermostat</i>	Localisation du thermostat dans l'espace de travail qu'il contrôle et loin des sources chaudes ou froides
<b>II. INCONFORT THERMIQUE LOCALISÉ</b>	
<i>Débalancement des réseaux de distribution (circulation inégale de l'air et courants d'air)</i>	Balancement périodique du réseau de distribution
<i>Obstruction à la bonne circulation de l'air</i>	Élévation des cloisons à 10 cm du sol, libération des diffuseurs de tout obstacle
<i>Diffuseur à jet vertical directement sur l'occupant</i>	Installation de déflecteur
<i>Isolation déficiente ou inexistante des fenêtres et planchers</i>	Isolation adéquate des fenêtres et planchers
<b>III. HUMIDITE RELATIVE</b>	
<i>Défectuosité ou désajustement de l'humidistat situé dans la gaine de retour</i>	Remplacement; vérification et calibrage périodiques
<i>Défectuosité ou insuffisance de l'humidificateur</i>	Entretien préventif de l'humidificateur de puissance adéquate
<i>Isolation thermique insuffisante de l'enveloppe du bâtiment (buée sur les vitres à de faibles taux d'humidité)</i>	Isolation adéquate des fenêtres
<b>IV. STRATIFICATION DE L'AIR</b>	
<i>Diffuseur et grille de retour à proximité</i>	Relocalisation de la grille de retour
<i>Obstruction à la bonne circulation de l'air</i>	Élévation des cloisons à 10 cm du sol; enlèvement de tout obstacle
<i>Pression insuffisante dans les gaines</i>	Augmentation de pression
<b>V. INDICES DE CONFORT</b>	
<i>Température trop basse ou trop élevée</i>	Ajustement de température selon la demande
<i>Humidité trop basse ou trop élevée</i>	Ajustement de l'humidité selon la demande
<i>Vitesse d'air trop basse (air stagnant) ou trop élevée (courant d'air)</i>	Distribution égale et de vitesse inférieure à 0,15 m/s en hiver et 0,25 m/s en été
<i>Isolation déficiente des fenêtres et planchers</i>	Isolation adéquate des fenêtres et planchers

### 3.3 LES CONTAMINANTS CHIMIQUES ET LES BIOAÉROSOLS

Les contaminants chimiques et les agents microbiologiques qui peuvent être présents dans les édifices à bureaux proviennent de l'extérieur par le système de ventilation ou sont générés de l'intérieur par les occupants, leurs activités et les matériaux d'ameublement et de construction. Avant d'entreprendre la mesure systématique de ces nombreux polluants, il importe d'identifier les sources potentielles d'émission et les contaminants émis.

#### 3.3.1 Identification des problèmes

Les résultats des nombreuses études sur la qualité de l'air ambiant dans les édifices à bureaux en pays industrialisés ont permis d'inventorier les principales sources de contamination à l'intérieur de ces édifices. La reconnaissance de ces sources doit se faire à l'étape de l'évaluation préliminaire à l'aide du questionnaire du *Tableau 5*.

#### 3.3.2 Évaluation des problèmes

Lorsqu'une évaluation environnementale des concentrations de contaminants dans l'air ambiant s'avère nécessaire, la stratégie d'échantillonnage à utiliser est présentée au *Tableau 6*. Cette stratégie tient compte des

sources majeures de contamination, de leur comportement dans le temps, des méthodes analytiques disponibles et de leurs limites de détection. Pour les microorganismes, l'échantillonnage est recommandé seulement dans les cas où il y a une relation évidente entre les maladies et la contamination biologique: fièvre des humidificateurs, pneumonie hypersensitive, asthme allergique et rhinite allergique<sup>11</sup>.

À titre indicatif, le *Tableau 7* résume les résultats des concentrations de contaminants mesurés au cours des quinze études que nous avons effectuées sur la qualité de l'air ambiant dans les édifices à bureaux. Ces études ont été réalisées en hiver.

Le *Tableau 7* contient aussi les normes applicables au Québec<sup>3</sup> de même que les recommandations de l'organisme American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers<sup>7</sup>, ainsi que les directives canadiennes concernant la qualité de l'air dans les résidences<sup>9</sup>.

#### 3.3.3 Correctifs et moyens de contrôle

Lorsque des concentrations anormalement élevées de contaminants sont décelées, des mesures et des moyens de contrôle doivent être mis en place afin d'éliminer ou du moins de réduire ces agresseurs, tels que ceux énumérés au *Tableau 8*.

**TABLEAU 5: QUESTIONNAIRE D'OBSERVATION AU NIVEAU  
DES SOURCES D'ÉMISSION DE CONTAMINANTS**

IDENTIFICATION DES SOURCES	ACTION À ENTREPRENDRE (si nécessaire)
<p>La prise d'air neuf est-elle située du côté d'un stationnement, d'un terminus, d'un garage ou d'une importante artère de circulation?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Près des tours de refroidissement?</li> </ul>	<p>Mesures de CO et de NO<sub>x</sub></p> <p>Mesure de microorganismes</p>
<p>Dans le système de ventilation, y a-t-il des bassins d'eau stagnante, des fuites ou accumulations d'eau?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les filtres sont-ils en bon état?</li> </ul>	<p>Mesure des microorganismes</p> <p>Mesure des poussières</p>
<p>Y a-t-il un stationnement intérieur? Est-il équipé d'une ventilation indépendante? Ce système est-il relié à un moniteur de CO? Celui-ci est-il calibré régulièrement? Les voies d'accès aux étages sont-elles isolées du stationnement?</p>	<p>Mesure de CO et de NO<sub>x</sub></p>
<p>Y a-t-il un embarcadère qui communique avec l'intérieur de l'édifice? Est-il cloisonné? Est-il ventilé?</p>	<p>Mesure de CO et de NO<sub>x</sub></p>

(suite à la page suivante)

**TABLEAU 5: QUESTIONNAIRE D'OBSERVATION AU NIVEAU DES SOURCES D'ÉMISSION DE CONTAMINANTS (suite)**

IDENTIFICATION DES SOURCES	ACTION À ENTREPRENDRE (si nécessaire)
Y a-t-il des fissures, des infiltrations d'eau dans les locaux situés dans les sous-sols?	Mesure de radon
Y a-t-il dans l'immeuble d'autres types d'activités: salon de coiffure, nettoyeurs à sec, restaurants, etc.?	Mesure de composés organiques volatils
Y a-t-il des matériaux à base d'amiante friable: isolants, tuiles acoustiques? Sont-ils en bon état?	Mesure d'amiante
L'immeuble est-il isolé à la mousse urée-formaldéhyde?	Mesure de formaldéhyde
Le système de chauffage est-il au gaz ou à l'huile? Y a-t-il des fuites et des odeurs?	Mesures de CO et de composés organiques volatils
Y a-t-il des ateliers d'imprimerie, de reprographie, de photographie, de photocopieurs à procédé humides ou d'autres procédés utilisant des solvants? Sont-ils équipés de système de captation des émissions?	Mesures de composés organiques volatils et d'ozone
Où sont localisés les photocopieurs d'étage? Les imprimantes au laser? Sont-ils ventilés? Y a-t-il une odeur d'ozone?	Mesure d'ozone
Y a-t-il eu des rénovations récentes: peinture, tapis?	Mesures de composés organiques volatils et de formaldéhyde
Y a-t-il un entrepôt de produits chimiques: pesticides, nettoyeurs?	Mesure de composés organiques volatils
Y a-t-il eu ajout de nouveaux ameublements à base de contreplaqués ou d'agglomérés de bois?	Mesure de formaldéhyde
Quelle est la densité d'occupation? Y a-t-il des zones ou des étages où il y a une forte concentration de personnes?	Mesure du CO <sub>2</sub>
Y a-t-il des zones à forte circulation de personnel et de clientèle?	Mesures de poussières et de CO <sub>2</sub>
Y a-t-il des locaux réservés aux fumeurs? Sont-ils ventilés de façon indépendante?	Mesures de poussières et de nicotine
Le nettoyage des tapis et des ameublements est-il fait de façon régulière?	Mesure de poussières
Y a-t-il odeur de moisi ou développement de champignons sur les murs, dans les salles de bains?	Mesure de microorganismes
Y a-t-il des problèmes de santé diagnostiqués par un médecin et pouvant être reliés à la présence de microorganismes: fièvre des humidificateurs, pneumonie hypersensible, asthme ou rhinite allergique?	Mesure de microorganismes

**TABLEAU 6: STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE DES CONTAMINANTS CHIMIQUES ET DES BIOAÉROSOLS**

CONTAMINANT	TECHNIQUE DE MESURE†	LIMITE DE DÉTECTION	DURÉE ET FRÉQUENCE DES PRÉLÈVEMENTS	SITE D'ÉCHANTILLONNAGE
<b>I. GAZ</b>				
<b>MONOXYDE DE CARBONE CO</b>	ILD - pile électro-chimique (IRSST - # 3A)	1 ppm	Lectures instantanées et périodiques tout au long de la journée - Lectures instantanées aux périodes d'affluence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureaux</li> <li>• Stationnements souterrains et embarcadères</li> </ul>
<b>ANHYDRIDE CARBONIQUE CO<sub>2</sub></b>	ILD - infrarouge (IRSST - # 34A)	10 ppm	Lectures instantanées avant l'arrivée et après le départ des employés et périodiquement pendant la journée	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureaux de forte densité d'occupation et bureaux ouverts au public et aux clients</li> </ul>
<b>OXYDES D'AZOTE NO<sub>x</sub></b>	ILD - pile électro-chimique (IRSST - # 6A, 30A)	NO : 0,5 ppm NO <sub>2</sub> : 0,05 ppm	Lectures instantanées pendant la journée Lectures instantanées aux heures d'affluence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureaux</li> <li>• Stationnements souterrains et embarcadères</li> </ul>
<b>OZONE</b>	ILD - Chimiluminescence (IRSST - # 129)	0,001 ppm	Lectures instantanées à la source et en zone respiratoire de l'utilisateur pendant et après le fonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salles de photocopie et imprimerie</li> </ul>
<b>FORMALDEHYDE HCHO</b>	Tube adsorbant Orbo imprégné de N-benzyléthanolamine et analysé par chromatographie gazeuse (IRSST - #216)	5 ug	Échantillonnage de 20 - 30 heures consécutives à 0,5 L/min	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureaux, notamment ceux nouvellement rénovés</li> </ul>
<b>RADON Rn</b>	Dosimètre passif	0,01 pCi/L	Échantillonnage de 3 à 7 jours	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Locaux situés dans les sous-sols</li> </ul>

IRSST - Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail, Direction des laboratoires, 1986.

(suite à la page suivante)

**TABLEAU 6: STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE DES CONTAMINANTS CHIMIQUES ET DES BIOAÉROSOLS (suite)**

CONTAMINANT	TECHNIQUE DE MESURE	LIMITE DE DÉTECTION	DURÉE ET FRÉQUENCE DES PRÉLÈVEMENTS	SITE D'ÉCHANTILLONNAGE
<b>II. VAPEURS</b>				
<b>COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS</b>	Tube de charbon actif, analysé par chromatographie gazeuse (IRSST - # 200)	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>Échantillonnage de 20 - 30 heures consécutives à 0,5 L/min</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bureaux, notamment les rénovations récentes</li> <li>Imprimerie et ateliers utilisant des solvants</li> <li>Salle des photocopieurs (si procédé humide)</li> </ul>
<b>NICOTINE FUMÉES DE TABAC</b>	Tube XAD - 2 analysé par chromatographie gazeuse (IRSST - # 233)	1 ug	<ul style="list-style-type: none"> <li>Échantillonnage de 8 heures pendant la journée de travail à 0,5 L/min</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fumoirs; bureaux de fumeurs et de non fumeurs si la ventilation est la même</li> </ul>
<b>III. POUSSIÈRES</b>				
<b>POUSSIÈRE TOTALE</b>	Filtre de chlorure de polyvinyle, 37 mm, 0,8 u et mesure gravimétrique (IRSST - #48)	25 ug	<ul style="list-style-type: none"> <li>Échantillonnage de 8 heures pendant la journée de travail à 2 L/min</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bureaux; fumoirs; imprimerie; courrier</li> </ul>
<b>AMIANTE</b>	Filtre d'esters de cellulose, 37 mm, 0,8 u quadrillé et comptage (IRSST - # 47) Identification par microscopie électronique à transmission	10 fibres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Échantillonnage de 20 - 30 heures consécutives à 2 L/min pendant les heures de travail et en période d'inoccupation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bureaux</li> </ul>

(suite à la page suivante)

**TABLEAU 6: STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE DES CONTAMINANTS CHIMIQUES ET DES BIOAÉROSOLS (suite)**

CONTAMINANT	TECHNIQUE DE MESURE	LIMITE DE DÉTECTION	DURÉE ET FRÉQUENCE DES PRÉLÈVEMENTS	SITE D'ÉCHANTILLONNAGE
<b>IV. BIOAÉROSOLS</b>				
<b>BACTÉRIES</b>	Milieu de culture TSA avec échantillonneur à tamis N-6 ou échantillonneur équivalent; incubation, comptage et identification	1 colonie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Échantillonnages doubles de 2 minutes à 28,3 L/min avant occupation, pendant et après</li> <li>Tenir compte de l'heure de la journée et de la saison</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Système de ventilation: air frais — air de retour — air de mélange avant et après les filtres et l'humidification et composantes</li> <li>Air ambiant</li> </ul>
	Contenant stérile	1 colonie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Échantillon instantané</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eaux stagnantes des bassins d'humidification</li> </ul>
<b>CHAMPIGNONS</b>	Milieu de culture SDA avec échantillonneur à tamis N-6 ou échantillonneur équivalent; incubation, comptage et identification	1 colonie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Échantillonnages doubles de 2 minutes à 28,3 L/min avant occupation, pendant et après</li> <li>Tenir compte de l'heure de la journée et de la saison</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Système de ventilation: air frais — air de retour — air de mélange avant et après les filtres et l'humidification et composantes</li> <li>Air ambiant</li> </ul>
	Échantillonnage de surface. Frottis ou tube écouvillon; incubation, identification et comptage	1 colonie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Surface où il y a dépôt de poussières ou de moisissures</li> </ul>

**TABLEAU 7: RÉSUMÉ DES CONCENTRATIONS DE CONTAMINANTS CHIMIQUES ET DE BIOAÉROSOLS, MESURÉES PAR UNE ÉQUIPE DE L'IRSSST, DANS L'AIR DE 15 ÉDIFICES À BUREAUX**

CONTAMINANT	CONCENTRATIONS MESURÉES			NORMES ET RÉFÉRENCES		
	Minimales	Maximales	Moyennes <sup>†</sup>	Québec <sup>3</sup>	Canada <sup>5</sup>	ASHRAE <sup>7</sup>
<b>I. GAZ</b>						
Monoxyde de carbone, ppm	1 à 3	1 à 11; <u>330</u> ; <u>460</u>	1 à 5	50 (8 hres) 400 (15min.)	11 (8 hres) 25 (1 hre)	9 (8 hres) 35 (1 hre)
Anhydride carbonique, ppm	290 à 440	570 à 1400	490 à 930 <sup>††</sup>	5000 (8 hres) 15 000 (15 min.)	3 500 (long terme)	1 000 (continu)
Oxydes d'azote, ppm	—	—	NO <sub>2</sub> : 0,05 NO : 0,50	5 (NO <sub>2</sub> ; plafond) 25 (NO; 8 hres) 35 (NO; 15 min.)	0,25 (NO <sub>2</sub> ; 1 hre) 0,10 (NO <sub>2</sub> ; long terme)	0,055 (NO <sub>2</sub> ; 1 an) 0,40 (NO; 24 hres) 0,80 (NO; 30 min.)
Ozone, ppm	0,001 à 0,006	0,001 à 0,015; <u>0,130</u>	0,001 à 0,010	0,10 (8 hres) 0,30 (15min)	0,12 (1 hre)	0,05 (continu) 0,12 (1 hre)
Formaldéhyde, ug/m <sup>3</sup>	4 à 34	8 à 42	7 à 38	3000 (plafond)	120 (plafond)	120 (plafond)
Radon, pCi/L	0,1 à 0,4	0,3 à 1,5	0,2 à 0,7	—	—	0,027 WL
<b>II. VAPEURS</b>						
Composés organiques volatils, mg/m <sup>3</sup>	0,1 à 1,6	0,2 à 3,8; <u>15</u> ; <u>27</u>	0,1 à 2,2	Naphta VMP: 1 350 (8 hres)	—	—
Nicotine, ug/m <sup>3</sup>	0,5 à 1,0	0,5 à 20,5	0,5 à 20,5	500 (8 hres) 1 500 (15min.)	—	—

(suite à la page suivante)

<sup>†</sup> La valeur moyenne est la moyenne arithmétique de tous les résultats sauf ceux obtenus aux postes où des sources locales d'émission sont présentes (imprimerie, garage souterrain). Ceux-ci sont cependant inscrits dans la colonne des valeurs maximales et sont soulignés.

<sup>††</sup> Pour le CO<sub>2</sub>, la valeur moyenne correspond à Sa moyenne arithmétique de la plus haute valeur obtenue à chaque poste évalué.

**TABLEAU 7: RÉSUMÉ DES CONCENTRATIONS DE CONTAMINANTS CHIMIQUES ET DE BIOAÉROSOLS, MESURÉES PAR UNE ÉQUIPE DE L'IRSST, DANS L'AIR DE 15 ÉDIFICES À BUREAUX (suite)**

CONTAMINANT	CONCENTRATIONS MESURÉES			NORMES ET RÉFÉRENCES		
	Minimales	Maximales	Moyennes	Québec <sup>3</sup>	Canada <sup>5</sup>	ASHRAE <sup>7</sup>
<b>III. POUSSIÈRES</b>						
Poussières totale, ug/m <sup>3</sup>	5 à 28	14 à 125; <u>210</u>	10 à 46	10 000 (8hres)	100 (1 hre) 40 (long terme)	260 (24 hres) 75 (1 an)
Amiante, fibres/ce	n.m. <sup>†††</sup>	n. m.	n. m.	5 (à ne jamais dépasser)	_____	_____
<b>IV. BIOAÉROSOLS</b>						
Bactéries + champignons colonies/m <sup>3</sup>						
• Ventilation:						
• air neuf	6	512	165	_____	_____	_____
• air de retour	12	288	80	_____	_____	_____
• air de mélange avant filtre	12	368	128	_____	_____	_____
• air de mélange après filtre	0	231	65	_____	_____	_____
• Air ambiant	25	181	105	_____	_____	1 000 <sup>11</sup>

<sup>†††</sup>n.m.=non-mesuré.

**TABLEAU 8: CONTRÔLE DES SOURCES DE CONTAMINANTS CHIMIQUES ET DE BIOAÉROSOLS**

CONTAMINANT	SOURCE	MESURES / MOYENS DE CONTRÔLE
<b>I. GAZ</b>		
<b>MONOXYDE DE CARBONE CO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Infiltration provenant des stationnements souterrains et des débarcadères</li> <li>Infiltration de l'air extérieur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilation indépendante contrôlée par un moniteur de CO; espace fermé et ventilé entre les garages et les accès aux étages; pressurisation de ces accès et des locaux avoisinants</li> <li>Meilleure localisation de la prise d'air extérieur</li> </ul>
<b>ANHYDRIDE CARBONIQUE CO<sub>2</sub></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Respiration humaine: densité élevée d'occupants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Augmentation des débits d'air neuf ou diminution de la densité d'occupation</li> <li>Balancement du système de ventilation</li> <li>Installation d'un moniteur de contrôle de CO<sub>2</sub></li> </ul>
<b>OXYDES D'AZOTE: NO<sub>x</sub></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Infiltration provenant des stationnements souterrains et des débarcadères</li> <li>Infiltration de l'air extérieur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilation indépendante</li> <li>Meilleure localisation de la prise d'air</li> </ul>
<b>OZONE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Photocopieurs, imprimantes au laser, équipements d'imprimerie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Système local de captage des émissions</li> </ul>
<b>FORMALDEHYDE HCHO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nouveaux matériaux, ameublements ou rénovations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilation accrue et continue de l'édifice pour quelques jours (ex. fins de semaine) à une température supérieure à 30°C et à une humidité relative de plus de 50 %</li> </ul>
<b>RADON Rn</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Infiltration des sols</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colmatage des fissures; augmentation de la ventilation; adsorption par des filtres de charbon actif</li> </ul>

(suite à la page suivante)

**TABLEAU 8: CONTRÔLE DES SOURCES DE CONTAMINANTS CHIMIQUES ET DE BIOAÉROSOLS (suite)**

CONTAMINANT	SOURCE	MESURES / MOYENS DE CONTRÔLE
<b>II. VAPEURS</b>		
<b>COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procédés d'imprimerie, reprographie et autres</li> <li>• Photocopieurs (si procédé humide)</li> <li>• Nouveaux aménagements et rénovations: peintures, colles, vernis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilation locale indépendante</li> <li>• Ventilation accrue et continue de l'édifice pour quelques jours (ex. fins de semaine) à une température supérieure à 30°C et à une humidité relative de plus de 50 %</li> </ul>
<b>NICOTINE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fumées de tabac</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interdiction de fumer ou fumer avec ventilation indépendante</li> </ul>
<b>III. POUSSIÈRES</b>		
<b>POUSSIÈRE TOTALE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fumées de tabac</li> <li>• Activités des occupants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interdiction de fumer ou fumer avec ventilation indépendante</li> <li>• Filtres de plus grande efficacité dans le système ou dans les locaux</li> </ul>
<b>AMIANTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matériaux endommagés; rénovations en cours</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entretien, scellage ou remplacement (cas extrême)</li> </ul>

*(suite à la page suivante)*

**TABLEAU 8: CONTRÔLE DES SOURCES DE CONTAMINANTS CHIMIQUES ET DE BIOAÉROSOLS (suite)**

CONTAMINANT	SOURCE	MESURES / MOYENS DE CONTRÔLE
<b>IV. AGENTS MICROBIOLOGIQUES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bassins d'eau des humidificateurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Élévation de la température de l'eau à plus de 68°C et désinfectant</li> <li>Remplacement par système à injection de vapeur</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filtres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filtres à très haute efficacité ou changements plus fréquents</li> <li>Filtres à huile bactéricide</li> <li>Nettoyage et décontamination des gaines</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hauts taux d'humidité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diminution des taux d'humidité; colmatage des fuites</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrée d'air extérieur et conduits contaminés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nettoyage, décontamination et entretien périodique</li> </ul>
<b>BACTÉRIES ET CHAMPIGNONS</b>		

### 3.4 L'ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

Les paramètres considérés dans cette section sont le bruit et l'éclairage. Ce sont des paramètres qui contribuent au confort et au bien-être des travailleurs des édifices à bureaux. Même si généralement, ils ne sont pas la cause des plaintes et des malaises des occupants, ils peuvent créer de la nuisance, de l'irritation, de la difficulté de concentration et de la fatigue.

#### 3.4.1 Identification des problèmes

La visite préliminaire devrait permettre d'identifier aisément les problèmes reliés au bruit et à l'éclairage. Les observations énumérées au questionnaire du *Tableau 9* faciliteront ce travail.

#### 3.4.2 Évaluation des problèmes

Lorsqu'elles sont nécessaires, les mesures de bruit se font avec un sonomètre de type 2 (*Annexe I*). Les analyses sont faites en bandes de fréquences permettant d'identifier les sources génératrices de bruit et en niveau acoustique pondéré A.

L'éclairage est mesuré à l'aide d'un photomètre formé d'une cellule photoélectrique qui transforme les radiations lumineuses en courant électrique (*Annexe I*).

Pour ces deux paramètres, les mesures sont prises aux postes de travail et les observations concernant les sources de bruit ou les paramètres d'éclairage sont notées.

Les résultats des analyses en bandes de fréquences sont comparés aux données fournies par les courbes d'évaluation du bruit telles que les courbes *NR* de la norme du Bureau de normalisation du Québec<sup>13</sup>, afin d'identifier les bandes de fréquences importunes.

Les résultats en décibels (A) sont comparés à différentes normes. La norme du *Règlement sur la qualité du milieu de travail fixe* le niveau à 90 dB(A) pour huit heures. Cette valeur est fixée sur des critères de nocivité et de risque de perte auditive. Cependant, la norme du BNQ<sup>13</sup>, qui est en accord avec la recommandation émise par l'Organisation internationale de normalisation<sup>14</sup>, évalue les bruits en fonction de la gêne qu'ils représentent pour le repos, le rendement au travail, les activités sociales et la tranquillité. Le *Tableau 10* donne des exemples de critères de bruit proposés pour des pièces non résidentielles.

Les niveaux acoustiques moyens mesurés dans les bureaux varient entre 45 et 55 dB(A). Des valeurs maximales de l'ordre de 69 à 70 dB(A) ont été obtenues dans des aires ouvertes à forte densité d'occupation alors que dans les ateliers d'imprimerie et de reprographie, les niveaux ont atteint jusqu'à 85 dB(A).

#### 3.4.3 Correctifs et moyens de contrôle

Lorsque des niveaux de bruit suffisamment élevés pour créer de la nuisance chez les travailleurs sont mesurés, différentes solutions sont disponibles:

l'utilisation de matériaux acoustiques: tuiles de plafond, écrans. Il est essentiel de ne pas peindre les tuiles car alors leurs propriétés acoustiques seraient modifiées;

la réservation de locaux de travail pour les échanges, discussions et réunions;

l'isolation des procédés bruyants: les photocopieurs, imprimantes.

L'éclairage est généralement conforme à la valeur recommandée par le règlement québécois<sup>3</sup> qui a émis des normes concernant les niveaux d'éclairage selon la nature du travail. Pour le travail particulier de bureau classé dans les travaux exigeant une perception modérée des détails, le niveau d'éclairage minimal requis est de 550 lux.

Les postes de travail sur écran cathodique présentent certaines difficultés d'aménagement relatives à la qualité de l'éclairage. Différents facteurs affectent cette qualité de l'éclairage tels que la présence de lumière artificielle, les sources d'éblouissement, le fini pâle ou sombre, réfléchissant ou absorbant des tables de travail, des murs et des planchers.

L'aménagement d'un poste de travail doit assurer au travailleur:

- un éclairage adapté au travail;
- un éclairage bien réparti de telle sorte que le plan de travail soit la partie la plus illuminée du champ de vision tout en maintenant faibles les écarts de luminance avec les autres parties de ce champ;
- une élimination des reflets.

**TABLEAU 9: QUESTIONNAIRE D'OBSERVATION AU NIVEAU DU BRUIT ET DE L'ÉCLAIRAGE**

IDENTIFICATION DES SOURCES	ACTION À ENTREPRENDRE (si nécessaire)
<b>BRUIT</b>	
<i>Le bruit de fond associé au système de ventilation est-il aisément perceptible?</i>	Mesure du bruit en bandes de fréquence
<i>Le bruit généré par les activités des occupants incluant la dactylographie, les imprimantes, les conversations et la circulation est-il suffisamment élevé pour nuire à la concentration?</i>	Mesure du niveau acoustique
<i>Est-ce qu'on retrouve des procédés bruyants tels que imprimerie ou reprographie?</i>	Mesure du niveau acoustique aux sources et dans les bureaux avoisinants
<i>Les tuiles acoustiques du plafond ont-elles été peinturées?</i>	Remplacement des tuiles
<i>Les bureaux sont-ils situés en aires ouvertes?</i>	Mesure du niveau acoustique
<i>Les occupants se plaignent-ils du bruit?</i>	Mesure du niveau acoustique
<b>ÉCLAIRAGE</b>	
<i>À un poste de travail donné, particulièrement pour le travail sur écran cathodique, l'éclairage est-il suffisant? bien réparti? sans éblouissement ni reflet?</i>	Amélioration de la qualité de l'éclairage
<i>Les corridors, escaliers, entrepôts et autres services sont-ils éclairés adéquatement?</i>	Augmentation de l'éclairage
<i>Les occupants se plaignent-ils de l'éclairage?</i>	Mesure de l'intensité lumineuse et étude de la qualité de l'éclairage

**TABLEAU 10: EXEMPLES DE CRITÈRES DE BRUIT PROPOSÉS POUR DES PIÈCES NON RÉSIDENIELLES**

TYPE DE PIÈCE	CRITÈRE DE BRUIT dB(A)
<i>Grand bureau, boutique, grand magasin, salle de réunion, restaurant non bruyant</i>	35
<i>Grand restaurant, bureau de secrétaire (où il y a une machine à écrire)</i>	45
<i>Grande salle de dactylographie</i>	55
<i>Ateliers (selon leur destination)</i>	45 à 75

## 4.0 CONCLUSIONS

La stratégie d'intervention présentée dans ce guide repose sur une démarche séquentielle allant de l'identification du problème à la mise en place des correctifs. Dans la majorité des cas, la démarche peut être faite par les intervenants du milieu concerné, le besoin de recourir à des ressources spécialisées se limitant à des situations exceptionnelles.

Puisque les principaux problèmes concernent la ventilation, il est essentiel que le personnel responsable de ces systèmes de ventilation ait une formation adéquate et les instruments requis pour les mesures. Lorsque les anomalies et les défauts du système de ventilation incluant la distribution sont réglés, le programme d'entretien préventif doit comprendre le calibrage des contrôles, la vérification des composantes du système, le balancement du réseau de distribution, le changement des filtres et le nettoyage du système. Toute modification dans l'aménagement ou dans la vocation des locaux doit être accompagnée d'une adaptation du système de ventilation.

Face aux agresseurs de nature chimique ou microbiologique, il faut localiser les sources potentielles d'émission et vérifier la présence et l'efficacité des systèmes de ventilation locale ou des systèmes de captage des émissions mis en place au niveau de ces sources. La vérification périodique de la qualité de l'air en utilisant la mesure de l'anhydride carbonique est recommandée. En fait, même si les corrélations entre les concentrations d'anhydride carbonique et celles d'autres contaminants sont difficilement démontrables, l'anhydride carbonique est un bon indice de la capacité du système de ventilation à éliminer les contaminants générés à l'intérieur des édifices. Les travaux de rénovation devraient être effectués en période de non occupation des locaux lorsque c'est possible et l'édifice devra alors être ventilé au débit maximum pour éliminer les substances volatiles émises tout en maintenant une température de 30°C et une humidité supérieure à 50 %.

Puisque la qualité de l'air et le confort thermique dans un édifice à bureaux influencent la performance des occupants, il faut donc faire en sorte que les mesures prises pour réduire les coûts énergétiques n'entraînent pas une détérioration de l'environnement de travail. L'entretien régulier d'un édifice s'avérera plus rentable à tout point de vue.

## 5.0 RÉFÉRENCES

1. Organisation mondiale de la santé, *Indoor Air Quality Research*, Euro Reports and Studies 103, Copenhague, 1986
2. Federal-Provincial Working Group on Indoor Air Quality in the Office Environment, Advisory Committee on Environmental and Occupational Health, Canada, 1987
3. Gouvernement du Québec, *Règlement sur la qualité du milieu de travail*, S-21, r 15, septembre 1982
4. Gouvernement du Québec, *Règlement sur les établissements industriels et commerciaux*, S-2 1, r 9
5. Conseil National de la Recherche, *Code national du bâtiment du Canada*, 1985
6. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., *American National Standard Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*, 62-1981
7. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*, 62-1989, 1989
8. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, 55-1981
9. *Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences*, Ministère canadien de la Santé et du Bien-Être Social, Comité consultatif fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail, avril 1987
10. International Standardization Organization, *Moderate Thermal Environments — Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort*, ISO 7730
11. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, *Guidelines for Assessment and Sampling of Saprophytic Bioaerosols in the Indoor Environment*, ACGIH Committee on Bioaerosols, Applied Industrial Hygiene, vol 2, no 5, September 1987
12. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, *Industrial Ventilation, a Manual of Recommended Practice*, 18<sup>e</sup> édition, U.S.A., 1984
13. Bureau de normalisation, Gouvernement du Québec, *Acoustique — Estimation du bruit par rapport aux réactions des collectivités*, BNQ 3020-005, 1979
14. Organisation internationale de normalisation (International Standardization Organization), *Acoustique — Estimation du bruit par rapport aux réactions des collectivités*, ISO R 1996-1971

### Principales publications reliées à la recherche:

GOYER, Nicole, NGUYEN, Van Hiep, «*Qualité de l'air et ventilation dans trois édifices à bureaux*», Rapport de recherche, Montréal, IRSST, 1988, 13 pages

Id., «*Qualité de l'air et ventilation dans trois édifices à bureaux*», Annexe au rapport de recherche, Montréal, IRSST, 1988, 49 pages

ANNEXE

---

## LISTE DES INSTRUMENTS DE MESURE<sup>†</sup>

PARAMÈTRE	INSTRUMENT DE MESURE	MARQUES USUELLES	DISTRIBUTEUR
<b>VENTILATION</b>			
Vitesses (débits) d'air dans les gaines	Anémomètre à fil chaud Anémomètre à thermocouple Anémomètre à vannes rotatives Tube de pitot + manomètre Vélocimètre à sondes multiples	Alnor, Kurz, TSI, Dwyer	Wilier Engineering Levitt Sécurité Safety Supply
Direction des courants d'air	Tubes fumigènes + pompe manuelle	MSA, Gastec	Levitt Sécurité Safety supply
Débit d'air des diffuseurs et grilles de retour	Ballomètre	Alnor	Chevrier Instruments Inc.
Apport suffisant d'air neuf	Détecteur de CO <sub>2</sub>	Horiba, ADC, Gastec, ACME	Safety supply ACME
Pressions statique, dynamique, totale; perte de pression	Tube en U + manomètre Jauge de pression Manomètre différentiel	Dwyer	Chevrier Instruments Inc.
<b>CONFORT</b>			
Vitesse des courants d'air	Anémomètre à basse vitesse Vélocimètre à sondes multiples	TSI, Kurz	Wilier, Kurz
Température et humidité	Psychromètre automatique Instrument à lecture directe	Cole Parmer Bacharach	Cole Parmer
Indices de confort VMP, PPI	Confortmètre; indicateur d'ambiance thermique	Bruël et Kjaer	B et K
Asymétrie de température; courants d'air	Analyseur d'ambiances climatiques intérieures	Bruël et Kjaer	B et K

<sup>†</sup> Les noms de marques et de distributeurs qui sont donnés le sont à titre informatif et ne constituent pas une recommandation de la part de l'IRSST. (suite à la page suivante)

## LISTE DES INSTRUMENTS DE MESURE(suite)

PARAMÈTRE	INSTRUMENT DE MESURE	MARQUES USUELLES	DISTRIBUTEUR
<b>CONTAMINANTS CHIMIQUES + BIOAÉROSOLS</b>			
Monoxyde de carbone	Instrument à lecture directe	Ecolyser, MSA, InterScan	Safety Supply Levitt Sécurité
Anhydride carbonique	Instrument à lecture directe	ADC, Gastec, Horiba	Levitt Sécurité
Oxydes d'azote	Instrument à lecture directe	InterScan Ecolyser, CSI	Levitt Sécurité
Ozone	Instrument à lecture directe	AID, CSI	Levitt Sécurité
Composés organiques volatils, nicotine, formaldéhyde, poussières, amiante	Milieu capteur + pompe d'échantillonnage	Gilian, MSA, Sipin	Levitt Sécurité Safety Supply
Bioaérosols	Milieu de culture + impacteur	Andersen	Safety Supply
<b>ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL</b>			
Bruit	Sonomètre	Bruël et Kjaer	B et K
Éclairage	Photomètre	Hagner	Optikon